

Faktaark – Kobber i byggeriet: Udvaskning og miljøet



Kobber i byggeriet: Udvaskning og miljøet

Nøgleord: Korrosion, toksicitet, miljøskæbne, udvaskning.

Resumé: Kobbertage og facade er en vigtig del af bybilledet. Disse overflader kan dog blive en kilde til forurening, når kobber udvaskes i regnvand. Der er mange fysiske og kemiske faktorer som afgør, hvor stor miljörisiko fra kobbertage kan være. Det er kun opløst kobber, som er farligt for vandmiljøet, derfor er regnvand ikke farligt, når kobber får lov til at binde sig fast til andre byggematerialer eller uskadelige partikler før udledning.

Kobber er et udbredt materiale i byggebranchen, som findes i både historisk og nybygget byggeri. Kobber har flere egenskaber, som er værdsat af arkitekterne (modstand overfor korrosion, vægt, varighed osv.), og er brugt til facade- og tagbeklædning. Kobber er også velkendt for sit æstetiske bidrag til bygningers udseende. Nye facader stråler i bybilledet med deres rødlige farve, mens historiske bygninger viser den karakteristiske grønne farve (jf. Figur 1). Dette skyldes den naturlige atmosfæriske korrosionsproces, som ændrer kobbers udseende når det bliver udsat for regn og sne.



© www.axeltowers.dk

© Lars Serritslev-Mette Smed / Den Store Danske, Gyldendal

Figur 1 Kobber i bybilledet: nye og ældre byggerier i København

Siden 1990'erne har bekymringen om kobberudvaskning fra bygninger kunne påvirke miljøet ført til miljøregulering i adskillige lande. Indflydelsen af kobberudvaskning til miljøkvaliteten i byområder har været undersøgt i flere studier i Schweiz, Tyskland, USA og Sverige, med modstridende resultater. For eksempel har nogle studier vurderet kobbertagsoverfladers påvirkning af vandmiljøet i Stockholm som ubetydelig, mens andre har fremhævet kobbertage som et stort bidrag til diffus forurening. Denne uklarhed skyldes kobbers opførsel i miljøet og hvordan målingerne fortolkes. Kobbers toksicitet skyldes den opløste form, dvs. kobber som ikke er bundet til partikler større end $0.45 \mu\text{m}$ og som derfor er nemt tilgængeligt til indtag i vanddyr (den såkaldte biotilgængelighed). Derfor er det vigtigt at skelne mellem målte koncentrationer som total kobber eller opløst kobber. Kobbers biotilgængelighed er afhængig af forskellige faktorer, bl.a. pH, samt hvilke materialer regnvandet kommer i kontakt med (fx

Faktaark – Kobber i byggeriet: Udvaskning og miljøet

beton i afløbssystemer, jord).

Den danske vandkvalitetslovgivning sætter kun grænseværdier for opløst kobber.

Det er korrosionsprocesser (som forekommer i både våde og tørre perioder), der er kilden til kobber i regnvand, men der er ikke nogen direkte lineær korrelation mellem arealet af korroderet overflade og kobberudvaskningen. Det opløste korroderede kobber danner kemiske forbindelse med andre stoffer i vandet, og binder sig fast på overfladen. Det er netop disse korrosionsprodukter, som genererer den grønne patina. Derfor er det vigtigt at måle koncentrationen af opløst kobber direkte i regnvand, frem for at udlede den af korrosionsniveauet på overfladen.

Faktorerne, som afgør mængder og egenskaber af kobberudvaskning fra tage og facade, er (jf. Figur 2): (i) eksponeringstilstand (bl.a. alder, vinkel, geometri, placering af overfladen); (ii) miljøtilstand (bl.a. regnmængde, pH, temperatur, vind, luftforurening); og (iii) miljøinteraktioner (dvs. alle de faktorer, der påvirker fordeling mellem bio- og ikke-biotilgængeligt kobber, bl.a. kontakt med andre overflader, med jord osv.).

- *Alder* af kobber overflader har en indflydelse på *first flush* fænomen: i starten af en regnbyge hændelse (dvs. de første 20-30 minutter) udgiver ældre kobberoverflader (med "grøn patina") højere koncentrationer i forhold til nyere overflade (med "brun patina"). Det skyldes resuspensionen af korrosionsprodukter i form af små partikler og krystaller. Forskellen bliver ikke så tydelig, når man kigger på længere regnbyger, eller på udvaskning på årligt basis.
- *Geometriske egenskaber* har en stor betydning for kobberudvaskning: fx har vandrette tagoverflader højere korrosion end lodrette facader. Overfladens størrelse, orientering, vinkel, samt bygningsgeometrien har indflydelse på kontakttid mellem regnvand og kobberoverflader, og disse faktorer påvirker således kobberkoncentrationen.
- *Luftforurening*, dvs. transport af korrosive stoffer (inkl. klorid i kystområder) kan forstærke korrosionsprocesser. Der er dog ikke blev målt betydelige forskelle mellem kobberudvaskning i kyst- eller almindelige områder.
- *Regns egenskaber* (intensitet, varighed, samlet volumen), samt luftfugtighed, og skiftet mellem tørre og våde perioder er vigtige faktorer. Jo længere regnvand er i kontakt med tagoverfladen og jo tykkere vandlaget er, desto højere er mængderne af frigivet kobber. Sne og temperaturer under frysepunktet øger dannelsen af små fliser, krystaller og partikler på overfladen, som fjernes ved smeltning og resulterer i høj *first flush*.
- *Kontakt med andre materialer*, som fx organisk stof (transporteret fra vinden) eller byggematerialer anvendt i afløbssystemer, påvirker regnvands kemiske-fysiske egenskaber, som fx pH, og ændrer derfor balancen mellem den opløste og partikulære form af kobber. Bl.a. agerer beton og kalk som effektive afløb for biotilgængeligt kobber, mens fjernelsen er mindre for PVC.



Faktaark – Kobber i byggeriet: Udvaskning og miljøet

data, kan bruges til at estimere kobberudvaskning fra en bestemt tagoverflade. Disse modeller tager faktorer som koncentrationer af korrosive stoffer i luften, regns volumen og pH, samt overfladens vinkel for at estimere den årlige udvaskning af kobber i betragtning. Disse modeller kan imidlertid ikke estimere kobbers miljøskæbne, når forurenede regnvand afledes fra bygninger ind i kloaksystemer eller ind i lokale løsninger til afledning af regnvand (LAR). Den gennemsnitlige udvaskning (baseret på litteraturredata) ligger omkring 0.25 g/m²/yr/100 mm regn, dvs. omkring 1.5-2.1 g/m²/yr for et dansk tag.

Generelt ligger gennemsnitskoncentrationer fra kobbertage højere end drikkevands kvalitetskrav (som i Danmark er 100 µg/l), og derfor må regnvand fra kobberoverflader ikke anvendes til drikkevand. Kobbers toksicitet til vandmiljøet er højere end til mennesker, og derfor er vandkvalitetsgrænseværdier for ferskvand og havvand lavere end dem for drikkevand. Miljøkvalitetskrav i andre lande inden- og udenfor EU ligger omkring 2-10 µg/l, og i Danmark sætter miljølovgivning en koncentrationsgrænse på 12 µg/l for opløst kobber. Krav for rensning af regnvand før udledning i det naturlige vandmiljø er derfor afhængig af, hvilke materialer der er anvendt i afløbssystemer: afstrømning over store cementoverflader kan fx mindske koncentrationen af opløst kobber. Tværtimod er lokal rensning af regnvand nødvendigt, når regnvand udledes direkte til følsomme recipienter.

Den voksende udbredelse af løsninger til lokal afledning af regnvand (LAR) baseret på indsigning udgør en ny trussel til grundvandet. Kobbers mobilitet i jord er påvirket af forskellige faktorer, men er generelt lav. Det biotilgængelige kobber forventes i de fleste tilfælde at binde til det øverste jordlag, og repræsenterer derfor ikke en betydelig forureningskilde, som kan true drikkevands sikkerhed, men som til gengæld kan påvirke jordkvaliteten.

Overordnet kan kobber fortsætte med at være en del af bybilledet uden stor risiko for vandmiljøet, under forudsætningen af, at kobber ikke udledes direkte til vandrecipienter, men at udvaskningen samles og udledes gennem et filter, eller et langt betonkloakrør, hvor opløst kobber kan binde sig fast.

Aktør: Luca Vezzaro arbejder som adjunkt på DTU Miljø. Han har en Ph.d. om modellering af miljøfremmede stoffer i regnvandssystemer, og han har forsket i regnvands kvalitet med fokus på estimering af miljøpåvirkning siden 2007. Han har bl.a. bidraget til bearbejdelse af retningslinjer for regnvands behandling af forurening i Venedigs område.

Mere viden: Hedberg, Y.S., Hedberg, J.F., Herting, G., Goidanich, S., Odnevall Wallinder, I., 2014. Critical Review: Copper Runoff from Outdoor Copper Surfaces at Atmospheric Conditions. Environ. Sci. Technol. 48, 1372–1381. doi:10.1021/es404410s